

ION BEAM IRRADIATION DEVICE AND SECONDARY ELECTRON DETECTING METHOD BY FOCUSED ION BEAM

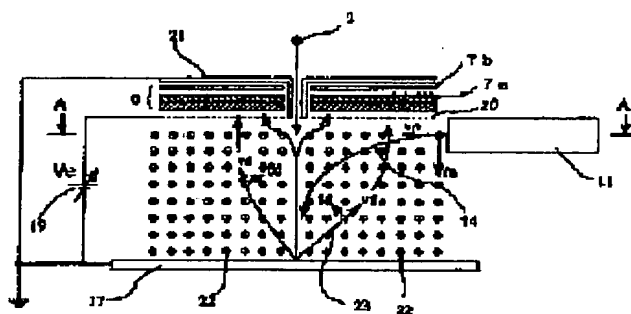
BEST AVAILABLE COPY

Patent number: JP10172493
 Publication date: 1998-06-26
 Inventor: SHIMASE AKIRA; MIZUMURA MICHINOBU; AZUMA JUNZO; HAMAMURA YUICHI; NISHIMURA NORIMASA
 Applicant: HITACHI LTD
 Classification:
 - international: **H01J37/244; H01J37/252; H01J37/30; H01L21/3065; H01L21/66; H01J37/244; H01J37/252; H01J37/30; H01L21/02; H01L21/66; (IPC1-7): H01J37/252; H01J37/244; H01J37/30; H01L21/3065; H01L21/66**
 - european:
 Application number: JP19960329510 19961210
 Priority number(s): JP19960329510 19961210

Report a data error here

Abstract of JP10172493

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable positioning of observation and working with high resolution with respect to a sample by providing a secondary particle detecting system for imparting and detecting an electric field with respect to 2 secondary particle generated by an ion beam applied on the sample and a magnetic field generating device for imparting the magnetic field on a space on the sample. **SOLUTION:** A secondary electron radiated by an ion beam 2 colliding with a sample 17 is subject to upward force, and advances on an electron path 23. This leads up an electron by imparting a positive potential by a lead-in power source 19 to a lead-in electrode 20 set in front of a secondary particle detector 6. In addition to this, since a magnetic field due to a magnetic force line 22 is set clockwise when a detecting system is seen upwardly, upward Lorentz's force f_d is imparted to a secondary electron advancing at a speed having a speed component facing to the outside emitted from a collision point of an ion beam 2 in the vicinity of an ion axis center. A shower electron path 24 facing from an electronic shower 11 to the ion axis center is subject to a downward Lorentz's force.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

【特許請求の範囲】

【請求項1】イオン源と該イオン源から出射されたイオンビームをステージ上に載置された試料へ集束・偏向するイオン光学系とを有するイオンビーム照射装置において、前記試料上に照射されたイオンビームによって発生する2次粒子に対して電界を付与して検出する2次粒子検出系と、該2次粒子検出系において電界が付与される試料上の空間に磁界を付与する磁場発生手段とを備えたことを特徴とするイオンビーム照射装置。

【請求項2】イオン源と該イオン源から出射されたイオンビームをステージ上に載置された試料へ集束・偏向するイオン光学系とを有するイオンビーム照射装置において、前記試料上に照射されたイオンビームによって発生する2次電子に対して電界を付与して検出する2次電子検出系と、電子を出射する電子シャワーと、該電子シャワーから出射された電子に対して下方へのローレンツ力を及ぼして前記試料に向けて進める磁界を付与する磁場発生手段とを備えたことを特徴とするイオンビーム照射装置。

【請求項3】イオン源と該イオン源から出射されたイオンビームをステージ上に載置された試料へ集束・偏向するイオン光学系とを有するイオンビーム照射装置において、前記試料上に照射されたイオンビームによって発生する2次電子に対して電界を付与して検出する2次電子検出系と、電子を出射する電子シャワーと、該電子シャワーから出射された電子に対して下方へのローレンツ力を及ぼして前記試料に向けて進めると共に前記試料から発生する2次電子には上方へのローレンツ力を及ぼす磁界を付与する磁場発生手段とを備えたことを特徴とするイオンビーム照射装置。

【請求項4】前記磁場発生手段として、イオンビームの進行方向に対して右回りの磁界を発生するように構成したことを特徴とする請求項2または3記載のイオンビーム照射装置。

【請求項5】集束イオンビームを試料上に照射し、電子シャワーから出射された電子に対して磁界を付与することによって下方へのローレンツ力を及ぼして試料に向けて進めて試料上に帯電する電荷を中和し、前記試料上から発生する2次電子を該2次電子に対して電界を付与することによって2次電子検出器で検出することを特徴とする集束イオンビームによる2次電子検出方法。

【請求項6】集束イオンビームを試料上に照射し、電子シャワーから出射された電子に対して磁界を付与することによって下方へのローレンツ力を及ぼして試料に向けて進めて試料上に帯電する電荷を中和し、前記試料上から発生する2次電子に対して磁界を付与することによって上方へのローレンツ力を及ぼして得られる2次電子を該2次電子に対して電界を付与することによって2次電子検出器で検出することを特徴とする集束イオンビームによる2次電子検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置等の加工に用いるイオンビーム加工に関わり、イオンビームによる電荷蓄積を防止すると共に、イオンビーム照射によって発生する2次粒子の検出を行うイオンビーム照射装置およびその方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来のイオンビーム照射装置における2次粒子検出系は、図22および図23に示すように構成されている。例えば、2次電子15を検出する場合、図22に示すように、ターゲット17に対して、プラスの電位を引き込み電極20に印加して2次電子15を引き上げる。これを、例えばMCP（マイクロチャンネルプレート）のような電子増倍デバイスである2次粒子検出器6に導入し、電流を増倍して検出する。図22では2次電子15を検出しているため、2次イオン16は逆電圧がかかり、ターゲット17側に追い返される。また、ターゲット17が導電体であれば問題はないが、一般にターゲット17には絶縁体が混在している。その場合、イオンビーム2のプラス電荷がターゲット17上に蓄積して、チャージアップを生じさせる。これはイオンビーム2の照射位置をふらつかせると共に、ターゲット17に過剰に蓄積した電荷が放電することによるダメージを生じさせる事態ともなり、電荷中和が必要となる。このため、電子シャワー11を装備している。これは電源12から発生させた電子14を電子光学系13で集束・偏向してターゲット17に照射するものである。しかし、2次電子検出の場合には、電界が電子を2次粒子検出器6に引き込む方向にかかっているため、電子シャワー11の電子14は上方に吸い上げられる。このため、ターゲット17の電荷中和は不可能となる。

【0003】このように2次電子検出では電荷中和が不可能なため、プラス電荷を持つ2次イオン検出の方式が考えられる。この時には、図23に示すように、2次イオン16を上方に引き上げるため、逆に電子シャワー11からの電位14は下方に押し込まれ、ターゲット17に達することが可能となる。このため、チャージアップ無しでターゲット17の表面像が得られ、現在、絶縁体を含むターゲットの観察や加工では2次イオン検出が一般的になっている。このように2次電子を検出する時には電子シャワーを使用せず、2次イオンを検出する時には電子シャワーを使用することについては、特開平5-47934号公報において知られている。

【0004】なお、イオンビーム照射でターゲットから発生する2次イオンの軌道を、磁界を用いてイオンの質量によって変化させて加工しているターゲット材料の識別を容易にすることが、特開平6-96712号公報に記載されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術においては、電子シャワーを使用してもS/Nの高い像検出が可能な2次電子を検出できるようにした課題については考慮されていなかった。

【0006】本発明の目的は、上記従来技術の課題を解決すべく、チャージアップが生じる微細なパターンを有する試料に対して高分解能で観察、または加工の位置決めができるようにしたイオンビーム照射装置および集束イオンビームによる2次粒子検出方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、イオン源と該イオン源から出射されたイオンビームをステージ上に載置された試料（ターゲット）へ集束・偏向するイオン光学系とを有するイオンビーム照射装置において、前記試料上に照射されたイオンビームによって発生する2次粒子に対して電界を付与して検出する2次粒子検出系と、該2次粒子検出系において電界が付与される試料上の空間に磁界を付与する磁場発生手段とを備えたことを特徴とするイオンビーム照射装置である。また本発明は、イオン源と該イオン源から出射されたイオンビームをステージ上に載置された試料へ集束・偏向するイオン光学系とを有するイオンビーム照射装置において、前記試料上に照射されたイオンビームによって発生する2次電子に対して電界を付与して検出する2次電子検出系と、電子を出射する電子シャワーと、該電子シャワーから出射された電子に対して下方へのローレンツ力を及ぼして前記試料に向けて進める磁界を付与する磁場発生手段とを備えたことを特徴とするイオンビーム照射装置である。

【0008】また本発明は、イオン源と該イオン源から出射されたイオンビームをステージ上に載置された試料へ集束・偏向するイオン光学系とを有するイオンビーム照射装置において、前記試料上に照射されたイオンビームによって発生する2次電子に対して電界を付与して検出する2次電子検出系と、電子を出射する電子シャワーと、該電子シャワーから出射された電子に対して下方へのローレンツ力を及ぼして前記試料に向けて進めると共に前記試料から発生する2次電子には上方へのローレンツ力を及ぼす磁界を付与する磁場発生手段とを備えたことを特徴とするイオンビーム照射装置である。また本発明は、前記イオンビーム照射装置において、前記磁場発生手段として、イオンビームの進行方向に対して右回りの磁界を発生するように構成したことを特徴とする。また本発明は、前記イオンビーム照射装置において、前記

記磁場発生手段として、イオンビームの進行方向に対して右回りの磁界を発生するようにイオンビームの軸の周りにイオンビーム軸に平行な方向に電流を流す電流路を複数本配置した電極によって構成し、該電流路へ異なった電流量を流す制御系を有することを特徴とする。また本発明は、前記イオンビーム照射装置において、前記磁場発生手段として、イオンビームの進行方向に対して右回りの磁界を発生するようにイオンビームの軸を中心としたスクリーピンチ形電流路を有する電極によって構成したことを特徴とする。

【0009】また本発明は、電界以外に電子に力を及ぼす磁界を併用することでシャワー電子を試料（ターゲット）に到達させてチャージアップを防止し、試料（ターゲット）から発生する2次電子を電界によって検出可能とすることを特徴とする。

【0010】また本発明は、集束イオンビームを試料上に照射し、電子シャワーから出射された電子に対して磁界を付与することによって下方へのローレンツ力を及ぼして試料に向けて進めて試料上に帯電する電荷を中和し、前記試料上から発生する2次電子を該2次電子に対して電界を付与することによって2次電子検出器で検出することを特徴とする集束イオンビームによる2次電子検出方法である。また本発明は、集束イオンビームを試料上に照射し、電子シャワーから出射された電子に対して磁界を付与することによって下方へのローレンツ力を及ぼして試料に向けて進めて試料上に帯電する電荷を中和し、前記試料上から発生する2次電子に対して磁界を付与することによって上方へのローレンツ力を及ぼして得られる2次電子を該2次電子に対して電界を付与することによって2次電子検出器で検出することを特徴とする集束イオンビームによる2次電子検出方法である。

【0011】以上説明したように、前記構成によれば、電子シャワーを照射しつつチャージアップを防止した上での、2次電子の検出が可能となり、微細なイオンビームを照射して、高分解能で加工の位置決めができ、加工精度を向上させることができる。また前記構成によれば、ビーム径が20～30nm程度またはこれ以下の微細なイオンビームを、チャージアップが生じる絶縁膜等の絶縁物質からなる微細なパターンに対して照射して生じる2次電子を、電子シャワーを照射しつつチャージアップを防止した上での検出が可能となり、その結果S/Nが高い微細なパターンの表面凹凸像をとらえることができ、加工すべき位置の特定が高精度で可能となる。また前記構成によれば、ビーム径が20～30nm程度またはこれ以下の微細なイオンビームを、チャージアップが生じる絶縁膜等の絶縁物質からなる微細なパターンに対して照射して生じる2次電子を、電子シャワーを照射しつつチャージアップを防止した上での検出が可能となり、その結果イオンビームの高速走査でも像観察が可能となり、微細なパターンへのダメージを低減させること

が可能となる。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明に係る実施の形態について図面を用いて説明する。本発明に係るイオンビーム照射装置の概略構成について図1を用いて説明する。イオン源1から引き出されたイオンビーム2は、レンズ2とレンズ3（一般に、それぞれ、コンデンサーレンズ系と対物レンズ系と呼ばれる。）により、ターゲット17上に、例えばビーム径として20～30nm程度またはそれ以下に集束される。このときのイオンビーム電流は10pAのオーダーまたはそれ以下となる。そして偏向コントローラ9からの偏向信号を偏向電極5に印加することで、集束したイオンビーム2をターゲット（試料である絶縁膜で形成された微細なパターンを有するLSI等の被加工物）17上で走査する。このとき、イオンビーム2を照射されたターゲット17からは2次粒子として、2次電子、2次イオン、励起光、また、スパッタされたターゲット原子（分子）が発生する。集束したイオンビーム2を走査し、これらの内の2次電子、または、2次イオンの検出量でイオンビーム2の走査点に対応した点の信号強度を表示することで、走査電子顕微鏡と同等の原理でターゲット17の表面像を集束したイオンビーム2のスポット径に対応した分解能で得られる。例えば、2次電子15を検出する場合、図1に示すように、ターゲット17に対して、プラスの電位 V_e を引き込み電源19により引き込み電極20に印加して2次電子15を引き上げる。これを、例えばMCP（マイクロチャンネルプレート：Micro Channel Plate）7aと検出板7bからなる電子増倍デバイスである2次粒子検出器6に導入し、電流を増倍して、さらにヘッドアンプ8で増幅し、偏向コントローラ9に送る。偏向コントローラ9では、偏向信号と2次粒子信号（今は2次電子信号）を同期させて画像信号とし、CRT10等にターゲット17の表面像を表示する。

【0013】一方、本発明に係るイオンビーム照射装置においては、半導体装置または半導体素子の不良解析や配線修正、またはマスクの欠陥修正等のイオンビーム加工に適用されるが、近年のパターンサイズの微細化に伴い、高分解能でターゲット表面を観察または加工の位置決めするためにターゲットに照射するイオンビームのスポット径の微細化が要求される。その場合、図2に示すように、ビーム径を微細化（縮小）するに従って、イオンビーム電流も低下せざるを得ない。また2次電子と2次イオンの収量を比較すると、2次電子が照射するイオンビームと同オーダーの2次電子数を発生させるのに対し、2次イオンではその1桁から2桁下のオーダーの2次イオン数しか発生させない。例えばビーム径として20～30nm程度の微細化が要求されると、イオンビーム電流は10pAのオーダーとなる。この時に発生する2次イオン電流は、0.1pA～1pAオーダーである。一

方、電子シャワー11から飛来する電子がその経路中にある残留ガスに衝突し、それをイオン化する確率を見積もるとそのオーダーは0.1pAオーダーとなり、2次イオン信号と同レベルとなる。従って、イオンビーム径微細化のためにイオンビーム電流を下げた時、2次イオン検出では2次電子検出に増して、S/Nを確保することが困難となる。ターゲットであるLSI等の半導体装置（被加工物）を加工する場合には最上層を保護膜が覆っているため、多数回走査して、信号を重ね、S/Nを改善することも、スループットを無視すれば可能であるが、多数回の走査の内にターゲットを加工していくことは考慮しておく必要がある。さらに、マスクの欠陥修正などにおいては、像検出のために多数回ターゲット上を走査することは、新たな欠陥を作っていることに他ならず、特に回避すべきである。従って、種々の集束イオンビーム応用において、高速にS/Nの高い像検出が要求される。

【0014】そこで、2次粒子検出器6で2次電子を検出する必要が生じる。このように、2次粒子検出器6で2次電子を検出する場合、ターゲットから発生する2次イオンは引き込み電源19により逆電圧がかかり、ターゲット17側に追い返される。また、ターゲット17が導電体であれば問題はないが、一般にターゲット17には半導体装置等のように絶縁体または絶縁物質が混在している。その場合、イオンビーム2のプラス電荷がターゲット17上に蓄積して、チャージアップを生じさせる。これはイオンビーム2の照射位置をふらつかせると共に、ターゲット17に過剰に蓄積した電荷が放電することによるダメージを生じさせる事態ともなり、電荷中和が必要となる。このため、イオンビーム照射装置において電子シャワー11を設置する構成にした。この電子シャワー11は、電源12から発生させた電子14を電子光学系13で集束・偏向してターゲット17に照射するように構成した。しかし、2次粒子検出器6において2次電子を検出する場合には、電子を2次粒子検出器6に引き込む方向に電界をかけているため、電子シャワー11から放射された電子についても上方に吸い上げられる。このため、ターゲット17の電荷中和は不可能となる。

【0015】ところで、引き込み電源19により電界 V_e を2次電子を引き上げるように設定し、図3に示すように電子シャワー11から放射する電子を最初から一定のエネルギーと傾きで下方にとばす方法が考えられる。その時のイオン軸から電子シャワー放出点までの距離1と2次電子引き込み電圧 V_e に対するシャワー電子エネルギーの最小値との関係は、通常の電極構成距離において計算すると図4に示すようになる。図4に示す最小電圧以上のエネルギー V_0 をシャワー電子に持たせれば、2次電子を検出しつつ、電荷中和用のシャワー電子をターゲットに照射することが可能である。しかし、引き込

み電圧 V_e は、斜め方向に射出された2次電子まで確実に2次粒子検出器6へ導くために、500Vほどの電圧が必要であると共に、シャワー電子のエネルギー V_0 は、シャワー電子自体の照射で2次電子が発生させないで、しかもシャワー電子の方が1nA~10nA程度と照射するイオンビーム電流より多いためにシャワー電子のエネルギーまで上昇するターゲット電位を抑える（絶縁物質の耐圧以上にならないようにする）ために100Vほどの低い加速電圧にすることが望まれる。従って、その条件を満たすには、図4から電子シャワー放出点を遠く離すしかなく、現実的な解は存在しないことになる。

【0016】そこで、本発明においては、図1に示すように、電子シャワー11から射出した電子24に対して下方へローレンツ力を及ぼす磁界を発生する磁場発生手段35を設置し、電子シャワー11から射出した電子24をターゲット17へ照射してターゲット17に帯電した電荷を中和できるようにした。なお、磁場発生手段35によって集束イオンビーム2が照射されるターゲット17上の空間に磁界が発生するする場合には、ターゲット17から発生する2次粒子に対しては上方へのローレンツ力を及ぼすように構成する必要がある。

【0017】次に、この磁場発生手段35における基本的な実施の形態について、図5および図6を用いて説明する。まず磁場発生手段35の第1の実施の形態について説明する。図5には、2次粒子検出系の横断面を示す。ここでは、2次粒子として2次電子を検出するように電界、磁界を制御している。イオンビーム2がターゲット17に衝突したことで放出される2次電子は上方への力を受け、電子軌道23の通りに進む。これは2次粒子検出器（ここではMCP7aと検出板7bとからなる。）6の前に設置した引き込み電極20に引き込み電源19によりプラスの電位 V_e を与えて、電子を引き上げていることに加え、磁力線22による磁場が図6に示すように、検出系を上方から見た時、時計回りに設定されているため、イオン軸中心付近のイオンビーム2の衝突点から放出した外側へ向かう速度成分を持つ速度 V_d で進む2次電子に図5に示すような上方へのローレンツ力 f_d を与えるためである。一方、2次粒子検出系の外側に設置された電子シャワー11から速度 V_n でイオン軸中心に向かって進行する中和用電子24は、逆に下方へのローレンツ力 f_n を受けることになる。この時、上方へのクーロン力と下方へのローレンツ力との釣り合いで、どちらへ向かうかが決まるが、一般的な構成の2次粒子検出系でのクーロン力を計算するとそれに対応するローレンツ力は50ガウス程度であり、ローレンツ力に対向して下方に向かわせるローレンツ力をシャワー電子に及ぼすことが可能となる。なお、21は検出器カバーを示す。

【0018】まず磁場発生手段35によって実際に図5

および図6に示す磁力線22による磁場を生成するための第1の実施の形態について説明する。この第1の実施の形態としては、図7に示すような電極を構成する。ここでは検出系の中のターゲット17の上にドーナツ上の平板電極26と引き込み電極20の下に同等の電極を設け、その間に複数本の電線25aを設置する。ここに図7に示すように磁場発生電源27aから電位 V_B を与えて電流を流すと、磁力線22aは図8に示すように、電線の外側では反時計回り、内側では時計回りの磁場が発生し、内側の磁場が図5と図6に示した形態となり、上記の通り、イオン軸付近から放出した2次電子は上方へ、電極外の電子シャワー11から入射したシャワー電子24は下方を向かわせることが可能となる。ここで、平板電極26を上下一枚づつとしているが、この構成では磁場の調整はその強度のみしかできない。加工精度、組立精度によって決定される磁場の乱れを調整したり、イオンビーム軸近傍に例えばガスノズル等（図示されていない）の磁場を乱す電極がある場合の調整や、電子シャワー11から放出される電子やターゲットから放出される2次電子の方向を制御するために、図9に示すように電線25aをつなげた平板電極26を複数個に分割して、各磁場発生電源27aから電位 V_{B1} 、 V_{B2} 、 V_{B3} 、・・・印加して独立に電流を流せる構成とすると、有効に磁場を利用することが可能となる。その場合、例えば、イオンビーム軸に電子シャワー11から照射される電子の電荷量を計測する電極が位置するようにステージを移動させ、電流を計測しつつ、さらに、その際のターゲット17の表面像を観察しつつ磁場発生電源27aの出力を調整することで、最適な電流設定はできる。この場合、一般的には、電子シャワー電流は大きいほど、また、ターゲット17の表面像は明るく、かつ、ターゲット17周囲から均一に照明を当てられているように観察できるほど望ましい。

【0019】電子シャワー11は図10に示すように、電子源12と引き出し電極28に電圧を印加して引き出した電子ビーム31を、静電レンズ29で集束し、偏向電極30に適当な電圧を印加して方向を調整し、イオンビーム2が照射されている領域に照射する。この時、電子シャワー11内にも磁力線22aが入り込む。電子シャワー11のケースを強磁性体金属で製作することも可能であるが、その場合は磁力線がほとんど強磁性体金属内に集中して、それ以外の領域では磁場が弱くなるため、今回はSUS等の強磁性体でない金属でケースを製作している。磁力線の向きが図10に示すように、電子シャワー11の中で反転しているため、電子軌道24は図11に示すように、電子シャワー11の内部で磁場による偏向を受ける。この場合、レンズの中心を電子軌道24が通らないため、収差が大きく集束が困難となる。さらに、場合によっては電子が電子シャワー11内の壁面に衝突して、電子シャワー11から射出できなくなる状況

も生じる。

【0020】上記問題を解決する方式の一つとして、図12に示す方式がある。これは電線25aを電子シャワー11の周囲まで設置するもので、この電線25aに電流をながした場合、図13に示すように、電線25a内の磁場は図8と同等であるが、電子シャワー11内の磁場は電子記号24と平行方向であるために、ローレンツ力を受けない。従って、電子シャワー11内で図11に示したような不要な偏向が生じず、電子シャワー11からの電子を集束して、必要な領域に照射することが可能となる。図9に示した平板電極26を分割して、独立に磁場発生電源27aを制御する方式は図12に示す構成の磁場発生方式においても、上記と同等の効果を有しており、制御の複雑さと部品点数が増加することを考慮した上で、利点の方が大きい場合には、分割構成の平板電極26とする方式を選択する。

【0021】次に磁場発生手段35によって実際に図5および図6に示す磁力線22による磁場を生成するための第2の実施の形態について説明する。この第2の実施の形態における磁界を発生させる方法としては、図14に示すようなスクリューパーピンチ構造の電線25bによる構成も可能である。即ちスクリューパーピンチ構造の電線25bは、調整可能な電位VBを発生する磁場発生電源27bに接続される。この磁界線22bによる分布は図15に示すように、スクリューパー内部では図6と同等となり、イオンビーム軸から外へ向かう2次電子には上向きのローレンツ力、外から内部へ向かう電子シャワー11の電子には下向きのローレンツ力を働かせる。したがって、2次電子を検出しつつ、イオン電荷を電子シャワーで中和することが可能となる。なお、電子シャワー11の周りへの電線の巻き方は、図14、あるいは、図15に示すような、電流の流れる方向が交互に螺旋となっているツイストペアタイプとなっているため、電子シャワー11内部には磁界が発生せず、電子の軌道が余分な偏向を受けることはない。

【0022】次に磁場発生手段35によって実際に図5および図6に示す磁力線22による磁場を生成するための第3の実施の形態について説明する。第1、第2の実施の形態では、磁界22をイオンビーム軸の周りで円形に回るように配置したが、本第3の実施の形態では、図16および図17に示すように電子シャワー11の先からイオンビーム軸までの間だけに磁界を働かせることで、電子シャワー11からの電子をイオンビーム軸とターゲット17とが交差する点の周りに照射させる。このため、電子シャワー11の両脇に強磁性体の磁極32aを置き、その周りに電流を流す電線33を配置した図16に示す構成をとった。この時の磁力線22cは図16および図17に示す方向となり、電子シャワー11から出た電子線の軌道24は下向きのローレンツ力と上向きのクーロン力との釣り合いで、図17に示すようにイオ

ンビーム2の照射点でターゲット17に到達させられる。図17において発生した2次電子15はイオンビーム軸の右側では上向きのローレンツ力を受け、それに上向きのクーロン力を受ける。イオンビーム軸の左側では磁界が小さくなっており、下向きのローレンツ力はほとんど受けず、上向きのクーロン力を受ける。この作用によって、2次電子は全て上方へ吸い上げられることとなる。このように、電子シャワー11から見た時、イオンビーム軸を越えた先では磁界を小さくし、その領域で2次電子に下向きのローレンツ力をほとんど及ぼさない電流に調整する必要がある。

【0023】次に第3の実施の形態の変形例について、図18および図19を用いて説明する。図16に示す実施の形態では、電子シャワー11の後方に余分な磁界が発生していたが、その部分を例えば図18に示すようなコイル（電線）33が巻かれた馬蹄形の磁極32bとすれば、後方の余分の磁界の発生が無くなり、電子シャワー11の前方に強い磁界が発生させられる。さらに図19に示すような磁極32cの形状とすれば、電子シャワー11の出口からイオンビーム軸付近までのシャワー電子31の飛行する間の磁界を一定で強力なものとすることができる。なお、磁極32cには調整可能な電位VBを発生する磁場発生電源27bに接続されたコイル（電線）33が巻かれている。この時には図20に示すように、電子シャワー11の後方には磁極32cが存在するが、空間的には磁力線は存在せず、電子シャワー11の前方にシャワー電子の軌道24を下方に向けるローレンツ力を発生させる強い磁力線22cが形成されることになる。これにより、特に図19に示した構成の磁極構造においては、低パワーで必要な磁場によるシャワー電子の軌道24の偏向が可能となる。

【0024】以上の実施の形態では、2次粒子検出器6として、MCPを使用した場合について説明したが、シンチレータに光電子増倍管を組み合わせた方式にも適用することも可能である。この方式に関する実施の形態を図21に示す。この場合、磁力線22による磁場の方向は、図5および図6に示した方向と同じである。従って、電子シャワー11から射出（放出）された電子24は磁場内に入ると、下向きのローレンツ力を受けて、ターゲット17の方向へ向かうことになる。一方、ターゲット17からイオンビーム2の照射によって放出された2次電子23は上向きのローレンツ力を受けて、上方へ向かうが、電子シャワー11とシンチレータ41の前に設置した電子偏向電極45に電子偏向電源44で電圧に印加することで、シンチレータ41の方向へ偏向される。電子偏向電極45はメッシュ状であり、これを抜けた2次電子は電子加速電源43の電圧によってシンチレータ41に向かって加速され、シンチレータ41に衝突する。この衝突によってシンチレータ41が発光し、発光を光電子増倍管42で増幅することで2次電子信号を

得てアンプ8に印加する。このように、シンチレータ41と光電子増倍管42とを組み合わせた2次粒子検出器6を使用した場合でも、MCPの場合と同様に、電子シャワー11からの電子をターゲット17に照射しつつ、ターゲット17から発生する2次電子を検出器6に導くことが可能である。

【0025】

【発明の効果】本発明によれば、電子シャワーを照射しつつチャージアップを防止した上での、2次電子の検出が可能となり、微細なイオンビームを照射して、高分解能で加工の位置決めができ、加工精度を向上させることができる効果を奏する。また本発明によれば、ビーム径が20～30nm程度またはそれ以下の微細なイオンビームを、チャージアップが生じる絶縁膜等の絶縁物質からなる微細なパターンに対して照射して生じる2次電子を、電子シャワーを照射しつつチャージアップを防止した上での検出が可能となり、その結果S/Nが高い微細なパターンの表面凹凸像をとらえることができ、加工すべき位置の特定が高精度で可能となる効果を奏する。また本発明によれば、ビーム径が20～30nm程度またはそれ以下の微細なイオンビームを、チャージアップが生じる絶縁膜等の絶縁物質からなる微細なパターンに対して照射して生じる2次電子を、電子シャワーを照射しつつチャージアップを防止した上での検出が可能となり、その結果イオンビームの高速走査でも像観察が可能となり、微細なパターンへのダメージを低減させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るイオンビーム照射装置の一実施の形態を示す概略構成図である。

【図2】図1に示すイオンビーム照射装置におけるビーム径とビーム電流との関係を示す図である。

【図3】シャワー電子軌道の計算における電極の配置を示す図である。

【図4】図3に示すシャワー電子軌道の計算結果を示す図である。

【図5】本発明に係るイオンビーム照射装置に設置された2次粒子検出系における基本的な一実施の形態を示す横断面図である。

【図6】磁力線の方向を示す図5におけるA-A矢視図である。

【図7】本発明に係るイオンビーム照射装置に設置された2次粒子検出系における第1の実施の形態である磁場発生用電極構成を示す斜視図である。

【図8】磁力線の方向を示す図7におけるA-A矢視図である。

【図9】図7に示す第1の実施の形態において電極を分割した場合の磁場発生用電極構成を示す斜視図である。

【図10】図7に示す第1の実施の形態における電子シャワー内での磁力線の向きを示す電子シャワーの縦断面

図である。

【図11】図7に示す第1の実施の形態における電子シャワー内での電子軌道を示す電子シャワーの横断面図である。

【図12】図7に示す第1の実施の形態において電線を電子シャワーの周囲まで配置した場合を示す斜視図である。

【図13】磁力線の方向を示す図12におけるA-A矢視図である。

【図14】本発明に係るイオンビーム照射装置に設置された2次粒子検出系における第2の実施の形態である磁場発生用電極構成を示す斜視図である。

【図15】磁力線の方向を示す図14におけるA-A矢視図である。

【図16】本発明に係るイオンビーム照射装置に設置された2次粒子検出系における第3の実施の形態である磁場発生用電極構成を示す電子シャワーの近傍における縦断面図である。

【図17】図16に示す第3の実施の形態における2次電子とシャワー電子の軌道を示す横断面図である。

【図18】図16に示す第3の実施の形態における変形例である磁場発生用電極構成を示す縦断面図である。

【図19】図16に示す第3の実施の形態における変形例である磁場発生用電極構成を示す縦断面図である。

【図20】図18、図19の構成における2次電子とシャワー電子の軌道を示す横断面図である。

【図21】本発明に係るイオンビーム照射装置に設置された2次粒子検出系における基本的な他の一実施の形態を示す横断面図である。

【図22】従来技術における2次電子検出を示す横断面図である。

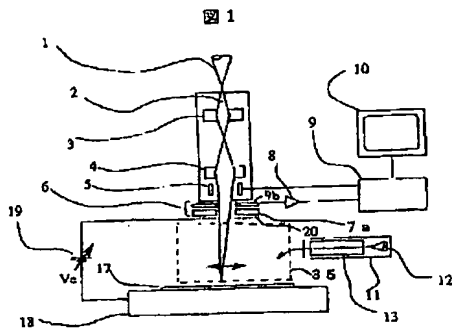
【図23】従来技術における2次イオン検出を示す横断面図である。

【符号の説明】

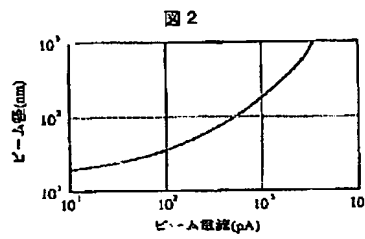
1…イオン源、2…イオンビーム、3…レンズ(コンデンサーレンズ系)、4…レンズ(対物レンズ系)、5…偏向電極、6…2次粒子検出器、7a…検出器(Micro Channel Plate)、7b…検出板、8…ヘッドアンプ、9…偏向コントローラ、10…CRT、11…電子シャワー、12…電子源、13…電子光学系、17…ターゲット(試料、被加工物)、18…ステージ、19…引き込み電源、20…引き込み電極、21…検出器カバー、22、22a、22b、22c…磁力線、23…2次電子軌道、24…シャワー電子軌道、25a、25b…電線、26…平板電極、27a、27b…磁場発生電源、28…電子引き出し電極、29…レンズ、30…偏向電極、31…電子ビーム、32a、32b、32c…磁極、33…電線(コイル)、35…磁場発生手段、41…シンチレータ、

42…光電子増倍管、 43…電子加速電源、 44 …電子偏向電源、 45…電子偏向電極

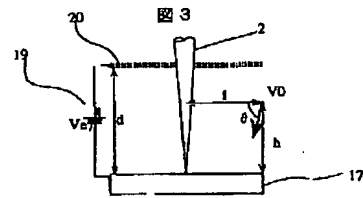
【図1】



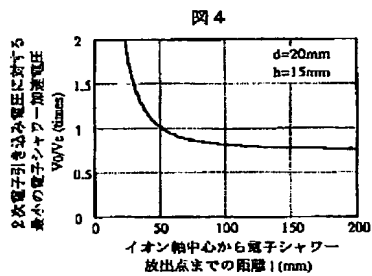
【図2】



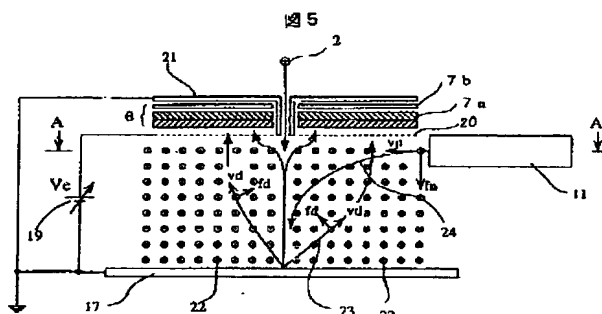
【図3】



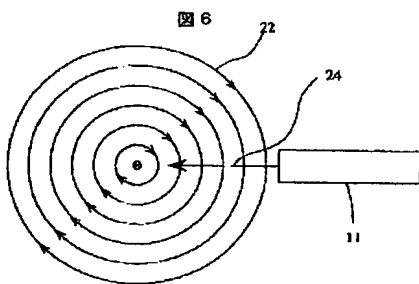
【図4】



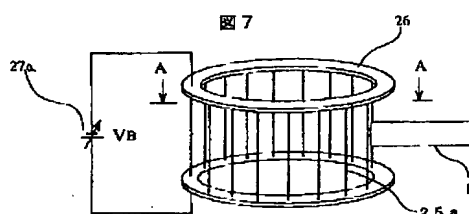
【図5】



【図6】

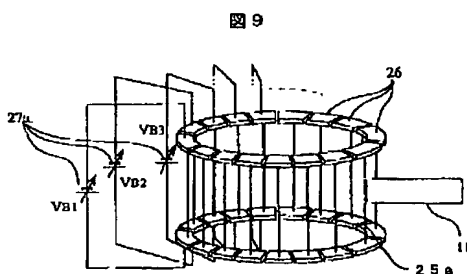


【図7】

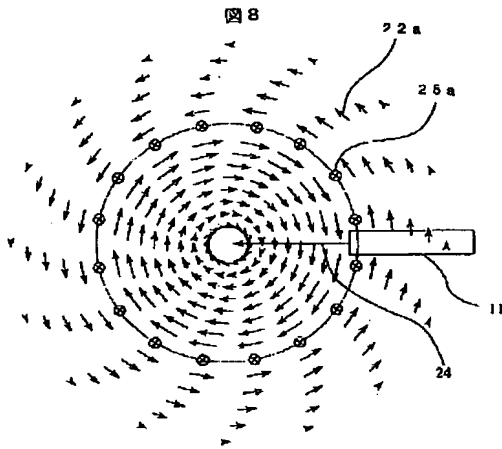


【図10】

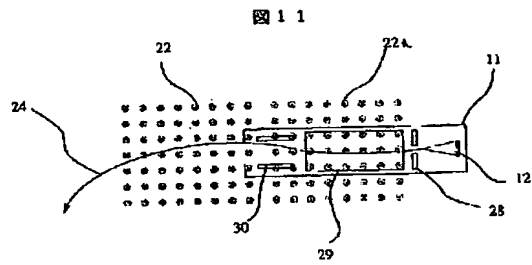
【図9】



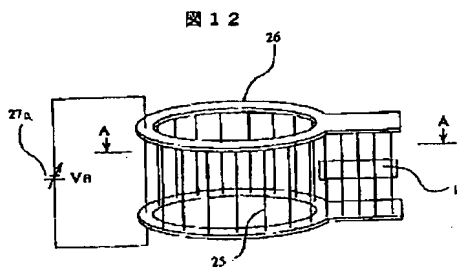
【図8】



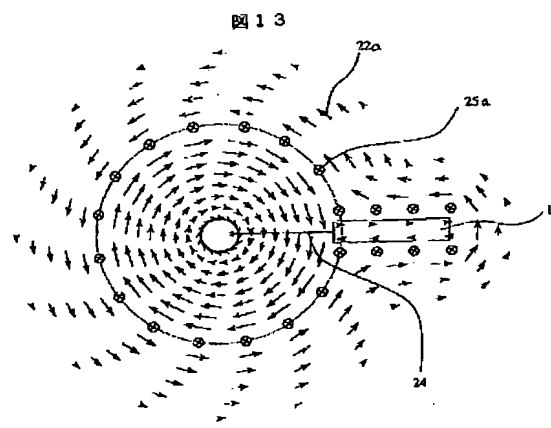
【図11】



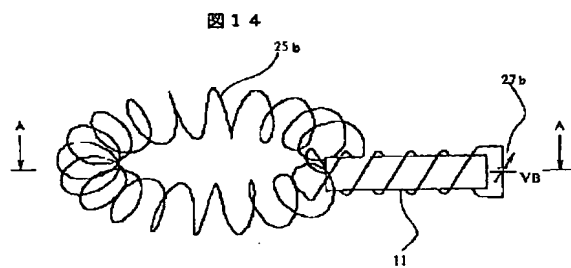
【図12】



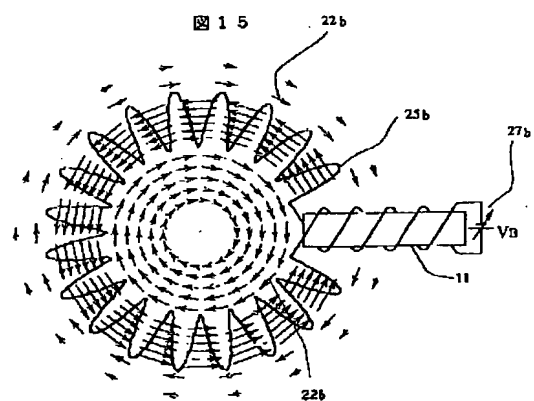
【図13】



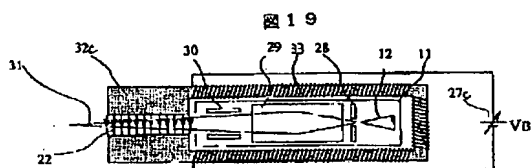
【図14】



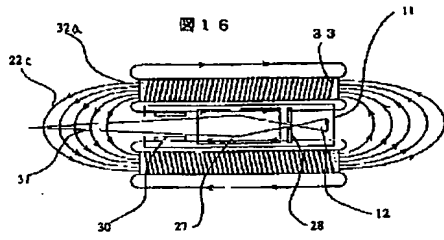
【図15】



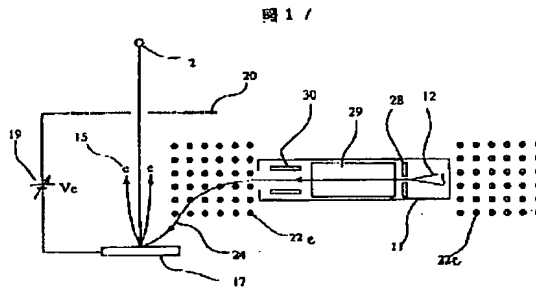
【図19】



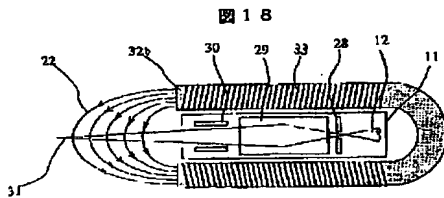
【図16】



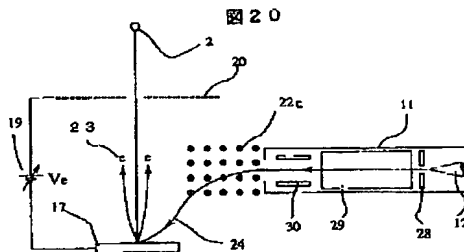
【図17】



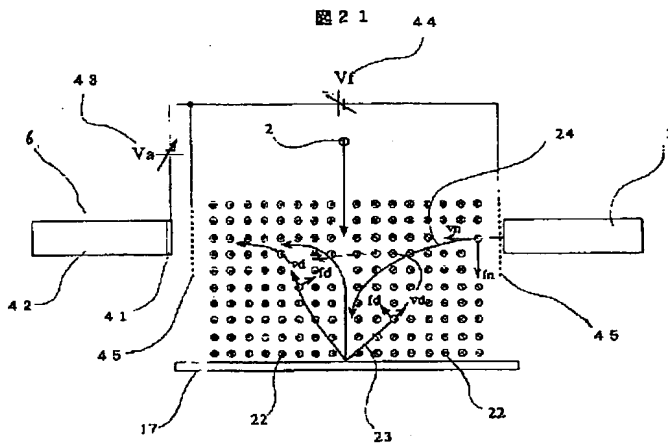
【図18】



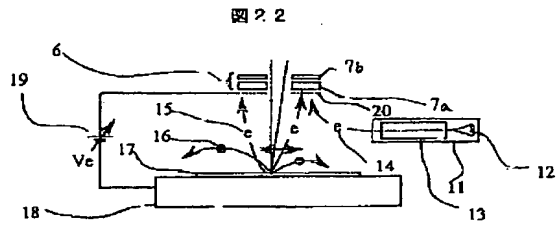
【図20】



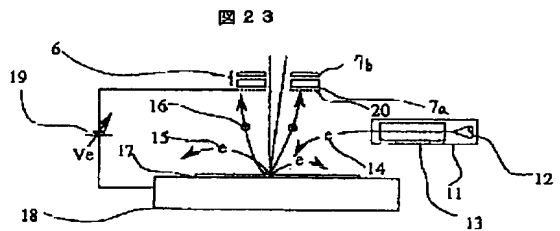
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶
H01L 21/66

識別記号

FI
H01L 21/302

D

(72)発明者 濱村 有一

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 西村 規正

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式
会社日立製作所生産技術研究所内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.